Travail du Laboratoire de Physiologie de l'Université d'Alger

UNIVERSITÉ D'ALGER
FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

Année 1920 — N° 17

ÉTUDE

DES

variations de la pression artérielle

pendant l'excitation centrifuge du pneumogastrique

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement, le 27 Mars 1920

PAR

Léon-Louis LAURENS
Externe des Hôpitaux d'Alger (Concours 1913)
Né à Oran le 14 Décembre 1891

MEMBRES DU JURY :

MM. **TOURNADE**, Professeur de Physiologie, *Président.*
POUJOL, Professeur d'Anatomie pathologique.
DUFOUR, Professeur de Physique médicale. } *Juges*
LEBLANC, Professeur adjoint.

ALGER
IMPRIMERIE MONTÉGUT
12, Rue Charras, 12
1920

Travail du Laboratoire de Physiologie de l'Université d'Alger

UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

Année 1920 — N° 17

ÉTUDE

DES

variations de la pression artérielle

pendant l'excitation centrifuge du pneumogastrique

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement, le 27 Mars 1920

PAR

Léon-Louis LAURENS

Externe des Hôpitaux d'Alger (Concours 1913)

Né à Oran le 14 Décembre 1891

MEMBRES DU JURY :

MM. TOURNADE, Professeur de Physiologie, *Président.*

POUJOL, Professeur d'Anatomie pathologique.

DUFOUR, Professeur de Physique médicale. } *Juges*

LEBLANC, Professeur adjoint.

ALGER

IMPRIMERIE MONTÉGUT

12, Rue Charras, 12

1920

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

DOYEN ..... MM. CURTILLET (O, , I. ✪)
ASSESSEUR ..... HERAIL (I. ✪).

PROFESSEURS

Anatomie	MM. WEBER (✱, I. ✪).
Anatomie pathologique	POUJOL (I. ✪)
Chimie biologique et toxicologie	MAILLARD (✱, I, ✪)
Chimie médicale	X...
Clinique médicale	ARDIN-DELTEIL (I. ✪).
Clinique chirurgicale	VINCENT (I. ✪).
Clinique chirurgicale infantile et d'orthopédie	CURTILLET (O, ✱, I. ✪).
Clinique obstétricale	ROUVIER (✱ I. ✪).
Clinique ophtalmologique	CANGE (✱, A. ✪).
Clinique médicale infantile	CRESPIN (I. ✪).
Clinique des maladies des pays chauds et des maladies syphilitiques et cutanées	GILLOT (I. ✪),
Histoire naturelle médicale et parasitologie	TRABUT (✱I.✪MA.O ❁)
Histologie	ARGAUD (✱, I. ✪).
Hygiène	CHASSEVANT(✱I.✪.❁)
Médecine légale	MICHELEAU (✱)
Matière médicale et thérapeutique	HÉRAIL (I. ✪).
Pathologie générale et microbiologie.	SOULIÉ (✱, I. ✪).
Pharmacie	X...
Physiologie	TOURNADE (✱).
Physique médicale	DUFOUR (I. ✪).

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. A. TREILLE (O ✱)
REY (✱, I. ✪).
BATTANDIER (I. ✪).
Th. MALOSSE (I. ✪ ✪).

PROFESSEUR ADJOINT

M. LEBLANC (✱, I. ✪)

CHARGÉS DES FONCTIONS D'AGRÉGÉ

Anatomie	MM. FERRARI.
Chirurgie	E. CABANES (✱, I, ✪. LOMBARD.
Médecine	M. RAYNAUD. DUMOLARD.
Accouchements	FUSTER (✱, I. ✪).
Chimie	H. MALOSSE (I. ✪).
Pharmacie et matière médicale	MUSSO (A., ✪).
Parasitologie et sciences naturelles...	X...

NOTA. — La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

AVANT-PROPOS ET DÉDICACE

L'usage autorise qu'on inscrive ici une dédicace multiple.

⁂

Je dédie cette thèse : A la mémoire de mon père.

⁂

A mes maîtres de la Faculté de médecine et de l'Hôpital de Mustapha. On me permettra de rappeler ce que je dois particulièrement à quelques-uns d'entre eux.

⁂

Avons-nous seulement le droit de « dédier » cette thèse à celui qui l'inspira et qui en préside la soutenance, notre maître, M. le Professeur Tournade. On ne fait pas hommage, à quelqu'un, de ce qui lui appartient, et ce travail est tellement le sien, que nous ne pourrions dire tout ce qu'il lui doit, sans paraître manquer au respect que nous inspire la collation solennelle du grade de docteur.

M. le Professeur Tournade nous excusera de nous louer publiquement de l'avoir rencontré. Il accueille avec une large bienveillance l' « étudiant », si démuni de titres qu'il puisse être. Dédaigneuse de choisir et d'exclure, son indulgence associe aux difficiles travaux de la physiologie ceux mêmes que rien n'y a préparés. Elle leur ôte, dans un enseignement où les notions claires et distinctes s'ordonnent en constructions aisées, le pouvoir de reconnaître leur ignorance

impuissante; et si, elle se dément enfin, c'est en faisant paraître, à force d'obliger, insuffisante et banale l'expression de leur reconnaissance.

⁂

C'est dans le service de la Clinique médicale, auprès de M. le Professeur Ardin-Delteil, que s'est passée presque toute ma vie d'étudiant. Des circonstances singulières veulent que j'accomplisse ce dernier acte de scolarité plus tôt que je n'eusse souhaité. Aussi remercierai-je mon maître, beaucoup plus de ce qu'il voudra bien m'enseigner encore que de ce que j'ai déjà pu apprendre de lui. Je ne lui fais point hommage de ce que je suis; car c'est bien peu de chose. Mais je lui dis ma gratitude de ce qu'il a fait pour moi : et cela, c'est beaucoup.

Et je crois répondre ici à sa pensée, en lui associant dans l'expression de ma reconnaissance ses élèves, mes maîtres : le Docteur Maurice Raynaud, chargé des fonctions d'agrégé ; le Docteur Coudray, ancien chef de clinique ; le Docteur Derrieu, chef de clinique.

C'est auprès de M. le Professeur Ardin-Delteil que j'ai senti — obscurément —de quels efforts il me faudrait acheter le droit de ne me croire plus, un jour, responsable de mon ignorance ou de mes erreurs; au prix de quel labeur, de quelles expériences décevantes, de quelles erreurs douloureuses ou ridicules, les « signes » pourraient devenir, un jour, pour moi, la source de riches évocations d'images, jour où (notre maître nous en donnait un exemple quotidien), du souvenir innombrable des choses sues, des choses lues, de choses vues, le Diagnostic sort comme une Minerve casquée, armée contre le mal. Il est des occasions où la crainte de la raillerie n'arrête pas la sincérité, et nous nous laissons volontiers gagner par

l'émotion; n'est-elle pas favorable et légère à ceux qui savent la cultiver ? Notre maître nous excusera d'évoquer ces heures, passées dans le service de la Clinique; ces heures que sa bonté et son scepticisme indulgent ont faites douces à beaucoup, sans qu'il s'en doutât. Parmi nous, entre les lits, glissaient sans doute les divines conseillères, l'Ironie bienveillante et la Pitié.

⁂

Au début de nos études médicales, nous avons été, pendant un an, externe dans le service de la Clinique chirurgicale infantile de M. le Professeur Curtillet; nous lui devons une grande part de notre instruction médicale. Plus tard, nous avons exercé les mêmes fonctions dans le service hospitalier de M. le Professeur Soulié; les quelques mois que nous y avons passés ont été pour nous un grand enseignement. Que ces maîtres veuillent bien trouver ici l'expression de notre reconnaissance.

M. le Professeur Poujol nous a donné, après bien d'autres, une nouvelle preuve de bienveillance, en acceptant d'être notre juge; nous lui exprimons ici — trop faiblement — notre gratitude. Nous joignons à son nom, celui du Docteur Georges Pélissier, son élève : au risque de blesser une amitié délicate, nous cédons au plaisir de témoigner ici de notre sympathie pour lui et pour sa jeune maîtrise. Il nous en excusera, malicieusement.

⁂

Si notre reconnaissance se porte avec joie sur tous ceux qui, immédiatement, nous ont transmis une part de l'enseignement qu'ils avaient reçu, nous n'avons garde de méconnaître la solidarité qui unit tous les hommes, dans l'espace et dans le temps. Les formes les meilleures de l'activité humaine, l'Art et la Scien-

ce, ne sont possibles que parce qu'une foule innombrable d'hommes consument dans un labeur sans joie, une vie souvent misérable. C'est à elle que nous devons ce que nous sommes. S'il est, dans l'histoire, des heures de révolte, où ils se sont montrés plus ignorants et plus cruels, il n'appartient pas à ceux qui se complaisent dans l'égoïste culture de leur esprit de les condamner. Les désordres sanglants où une trop vive conscience des grandes injustices entraîne périodiquement l'humanité ne prendront fin que lorsque la civilisation raffinée de quelques-uns reconnaîtra qu'elle est fondée sur la misère du plus grand nombre ; dédaigneuse de satisfaire d'inutiles et vains dilettantismes, elle ne s'emploiera alors qu'à donner à chacun plus de liberté et plus de bonheur. Ainsi, ce qui est l'œuvre de tous, sera utile à tous.

Alger, 12 mars 1920.

INTRODUCTION

On trouvera, rapportées dans cette thèse une série de recherches que nous avons poursuivies au Laboratoire de Physiologie de l'Université d'Alger, sous la direction de M. le Professeur TOURNADE : MM. TOURNADE et GIRAUD en ont communiqué la substance à la Société de Biologie (1); nous publions ici, sur l'invitation de notre maître, quelques-uns des documents graphiques recueillis au cours de ces expériences (2) et les remarques qu'ils suggèrent. Nous préciserons d'abord l'objet de cette étude.

⁂

S'il est une expérience classique en physiologie, c'est bien celle où l'on observe et où l'on inscrit les variations de la pression artérielle pendant l'excitation centrifuge du nerf vague. On voit alors la pression prendre rapidement une valeur voisine de 0 et la conserver aussi longtemps que le cœur est arrêté. Mais, le plus souvent, au cours de cette chute du tracé,

(1) A. TOURNADE et G. GIRAUD : Caractères et mécanisme de certaines ondulations de pression artérielle observées pendant l'excitation prolongée du moignon périphérique du vague. *C. R. des séances de la Soc. de Biol.* 17 janvier 1920. T. LXXXIII, p. 31.

(2) Nous remercions vivement de sa collaboration notre camarade M. Chabrol, préparateur du cours de physiologie. C'est à son habileté que sont dûs la plupart de ces documents.

apparaissent des oscillations. On a coutume de voir là un signe de la reprise de l'activité cardiaque, effet de la fatigue de l'appareil arrestateur. Or, si l'on veut bien étudier avec soin de tels tracés, on conviendra que ces accidents peuvent n'être pas tous semblables les uns aux autres. Nos expériences nous ont appris à distinguer parmi eux *des oscillations d'origine cardiaque* — elles sont bien connues et nous ne nous y arrêterons pas — et *des ondulations d'origine respiratoire*. Il nous faut rappeler quelques définitions essentielles avant de préciser ce que nous entendons par là.

Considérons un tracé normal de la pression artérielle, tel qu'on l'obtient à l'aide du kymographe de Ludwig. Son aspect général est celui d'une ligne ondulée (1). Cette ligne n'est pas pure, mais accidentée d'un grand nombre de petites oscillations, en dents de scie; chacune d'elles répond à une contraction du cœur, à une pulsation de l'artère; leur nombre par minute mesure la fréquence du rythme cardiaque, et leur amplitude, la quantité dont chaque systole accroît la valeur de la pression artérielle : c'est la *pression variable*. On appelle oscillations cardiaques, ou de premier ordre, de telles oscillations.

Si l'on réunit par une ligne continue les minima de ces oscillations, on forme une ligne ondulée; c'est elle qui donne au tracé l'aspect qui frappait d'abord. Ces valeurs de la pression, au-dessus desquelles se développent, nous l'avons dit, les valeurs de la pression variable mesurent la pression du sang dans l'artère en dehors de l'activité systolique du cœur, c'est la *pression constante;* on voit qu'elle est mal nommée puisqu'elle est sujette à des variations périodiques.

---

(1) On se reportera à l'une quelconque des figures de ce mémoire.

Le tracé de ces variations forme les oscillations de second ordre, ou ondulations (1).

Les oscillations de second ordre sont synchrones aux mouvements respiratoires; tous les physiologistes se sont donc trouvés d'accord pour les nommer ondulations respiratoires. Mais si l'on veut préciser la relation qui lie ces variations de la pression artérielle aux mouvements thoraciques, on peut se trouver en présence de tracés de trois types : tantôt la pression artérielle diminue pendant l'inspiration et augmente pendant l'expiration; tantôt, c'est l'inverse qui se produit; tantôt la pression artérielle commence à s'élever au milieu de l'inspiration et à diminuer au milieu de l'expiration. C'est que, — l'expérience le montre — les oscillations de second ordre ont un mécanisme complexe. Deux sortes d'influences surtout les déterminent, les unes mécaniques, les autres nerveuses : la pression artérielle subit les effets des variations de la pression intra-thoracique, lors des mouvements respiratoires : elle diminue pendant l'inspiration; mais il existe d'autre part, entre les centres bulbaires de la respiration et le centre cardio-modérateur, une association fonctionnelle qui s'exprime par l'accélération du cœur au moment de l'inspiration, et, partant, par l'élévation de la pression artérielle; la section des nerfs pneumogastriques fait disparaître ce phénomène.

Ces faits, bien connus, font comprendre que pendant l'excitation centrifuge du vague, la pression artérielle n'est plus soumise qu'aux influences mécani-

(1) Si l'on joint encore par une ligne continue, les valeurs minima des oscillations de second ordre, on obtient des oscillations beaucoup plus étendues, ou oscillations de troisième ordre. Nous n'avons pas à nous occuper d'elles dans ce travail.

ques des mouvements respiratoires (1), l'action du cœur devenant nulle dans ces conditions. Les ondulations de second ordre observées alors, sont d'origine purement mécanique, puisqu'elles sont dégagées de l'influence du rythme et du débit du cœur. Et, comme (nous le verrons) l'excitation centrifuge du nerf pneumogastrique modifie profondément les mouvements respiratoires dont elle exagère, du moins initialement, l'amplitude et le rythme, *les variations mécaniques de la pression artérielle apparaissent alors avec une pureté et une évidence qu'elles ne sauraient avoir normalement.*

*

Mis en éveil par la diversité d'aspect des accidents qu'on observe sur les tracés de la pression artérielle pendant l'excitation centrifuge du vague, nous avons pu, par l'expérience, nous convaincre que toute variation de la pression dans ces conditions expérimentales n'était pas due nécessairement à l'activité du cœur. Amenés désormais par cette réflexion à vérifier systématiquement le mécanisme des oscillations que nous observions dans les mêmes conditions, nous avons vu que, parfois, une ondulation d'origine respiratoire et une oscillation d'origine cardiaque pouvaient se traduire sur les tracés par des accidents dont la ressemblance est troublante (2). Les traités, non plus que les mémoires classiques ne mettent les expérimentateurs en garde contre la possibilité de cette confusion. Bien plus, il n'est pas sûr que quelques-uns ne l'aient pas commise.

---

(1) Cependant, rien ne prouve qu'alors elle ne subit pas les effets des influx presseurs qui, à chaque inspiration, provoquent une vaso-constriction périphérique, comme on le démontre en se plaçant dans certaines conditions expérimentales (courbe de Traube-Hering). On verra, p. 38, comment nous avons résolu cette question.

(2) Voir fig 9, p. 53.

Pourtant, le phénomène que nous étudions a été entrevu par quelques physiologistes.En 1870, Arloing et Tripier étudiaient, au laboratoire de Chauveau, les fonctions du nerf vague.« Voulant enregistrer les phénomènes de la circulation, dans le but d'étudier la différence des deux vagues », ils remarquent qu'au moment « de la galvanisation des pneumogastriques avec des courants assez forts, on voit survenir des troubles profonds dans le rythme et l'étendue des mouvements des parois thoraciques »... « Ces mouvements retentissent sur les tracés de la circulation *dont ils altèrent la netteté...* » et les expérimentateurs cherchent un moyen de se débarrasser « de cette influence que les mouvements respiratoires brusques et violents exercent sur la pression sanguine (1) ». Il ne nous a pas paru que ce phénomène comportât toujours une interprétation tellement évidente que l'observateur pût ne se préoccuper de lui que pour l'empêcher de se produire.

D'autre part, tout ce que nous avons dit du mécanisme des ondulations respiratoires, telles qu'on les obtient pendant l'excitation du nerf vague, fait comprendre qu'il y a là un procédé simple de démonstration et d'étude des facteurs mécaniques des variations de la pression artérielle.

Telles sont les deux raisons qui nous ont fait penser que ce travail pouvait présenter quelque intérêt physiologique.

⁂

La nature même de ces recherches veut que notre mémoire ne comporte pas d'historique : nous avons seulement, chaque fois que cela nous a paru néces-

(1) Arloing et Tripier. — Contribution à l'étude de la physiol. du nerf vague. *Arch. de Phys. norm. et pathol.* 1872, p. 424.

saire, rappelé quelques définitions essentielles de physiologie.

Dans un premier chapitre, nous avons justifié le choix de notre instrument d'étude; nous y avons aussi précisé les conditions nécessaires à la reproduction des faits que nous avons observés. Le second chapitre comprend l'exposé de nos expériences : une observation fortuite nous a conduit à une hypothèse dont nous avons prouvé l'exactitude en vérifiant par l'expérience les conclusions nécessaires qu'on devait en déduire. Nous sommes ainsi arrivé à une conception du phénomène qui expliquait entièrement les conditions de sa reproduction, telles que nous les avions résumées dans notre premier chapitre.

CHAPITRE I

Conditions de l'expérience

Avant d'exposer les résultats de nos expériences, nous devons indiquer avec précision dans quelles conditions nous nous sommes placé. Nous nous proposions d'étudier des variations de la pression artérielle; nous avons utilisé pour ces recherches la méthode graphique, dont nous n'avons pas à rappeler les avantages.

Nous nous sommes servi du kymographe de Ludwig; cet instrument, on le sait, se compose essentiellement d'un manomètre à mercure, tube en U que l'on met en communication avec une artère de l'animal en expérience. On place, à la surface libre du mercure un flotteur d'ivoire ou d'ébonite, surmonté d'une tige métallique portant un style horizontal. Ce style inscrit sur une feuille de papier enfumée, se déplaçant parallèlement à lui d'un mouvement uniforme, les valeurs que prend à chaque instant la pression du sang dans l'artère.

On a dit que le manomètre à mercure ainsi employé, « en fonctionnement dynamique », constituait une monstruosité expérimentale; une expérience très simple de Marey, fait comprendre pourquoi : « Que, par un moyen quelconque, on élève le mercure dans l'une des branches; puis, qu'on le laisse retomber par son propre poids; au lieu de se mettre immédiatement au même niveau dans les deux branches de l'instrument, le mercure oscillera de l'une à l'autre un grand nombre de fois. Ces oscillations sont les effets de la vitesse acquise que prend le mer-

cure quand il a été mis en mouvement » (1). On a, on le voit, incriminé l'inertie de la masse du mercure employé; Pons (2) a même calculé avec précision l'erreur inhérente à un manomètre donné; voici ses conclusions essentielles : « Les tracés obtenus par le manomètre à mercure (*employé en fonctionnement dynamique*) sont inexacts comme forme et comme amplitude. Ils ne sont pas comparables entre eux, car ils varient avec la masse mercurielle, sa vitesse et la nature du système de conduction... ».

Nous savons que le kymographe de Ludwig, est un instrument infidèle : nous l'avons cependant employé. C'est que nous lui demandions de nous renseigner seulement « sur le sens des variations de la pression ». Nous avons toujours opéré dans les mêmes conditions expérimentales. Enfin, ces renseignements sont contrôlés dans nos expériences par l'emploi simultané d'autres appareils enrégistreurs : cardiographe, pneumographe. Nous avons pensé, comme Pons lui-même, que dans ces conditions, il était « utilisable et pratiquement commode ». La plupart des tracés publiés de toutes parts sont obtenus grâce à lui; et nous pouvons ainsi comparer, les uns aux autres, des graphiques analogues, *dans une certaine mesure*.

⁂

Nous avons opéré sur des chiens. Nous découvrions le nerf pneumogastrique au cou et nous le sectionnions. Son bout périphérique était alors soumis à des excitations répétées. Nous nous sommes servi de courants induits, développés dans la bobine secondaire du chariot de Du Bois Reymond (modèle moyen)

(1) E.-J. Marey. — La circulation du sang, p. 178-179, Paris, Masson, 1881.

(2) R. Pons. — Contrib. à l'étude de la sphygmomanométrie directe. Th. Bordeaux, 1912.

par un courant fourni par deux piles GRENET, disposées en série, de la force de 1 volt. Le nombre des chocs d'induction par seconde était, en général, de 35 à 50 environ. L'intensité était réglée par la distance à laquelle nous placions la bobine induite de la bobine inductrice.

Voici les conditions expérimentales qui permettent de reproduire les phénomènes que nous avons étudiés.

Les chiens doivent être d'assez gros poids (au-dessus de 8 kilogrammes), anesthésiés au chloralose, et respirant régulièrement et profondément. Il y a même avantage à les mettre en état d'asphyxie légère : on découvre la trachée et on l'allonge par addition d'un tube de caoutchouc; on peut même à certain moment de l'expérience, obturer plus ou moins complètement ce tube.

Enfin, il est nécessaire que l'action inhibitrice du vague soit maxima. On s'adressera donc de préférence au nerf droit (1). Si l'on n'obtient pas d'emblée l'arrêt complet du cœur, la saignée, le refroidissement, l'asphyxie, pourront être de quelque secours. L'injection intra-veineuse d'une solution d'hydrate de chloral à 200 pour 1.000, à la dose de 2 cm^3 par kilogramme d'animal est particulièrement efficace (2). Dans une de nos expériences, nous avons eu recours à la décapsulation, et nous avons pu vérifier que le pouvoir inhibiteur du vague se trouvait accru par cette opération (3).

D'une manière générale on devra s'abstenir d'opérer sur de jeunes chiens; nous avons remarqué que chez ces animaux le pouvoir arrestateur du pneumogastrique était médiocre.

(1) ARLOING et TRIPIER, loc. cit., p. 420.

(2) LAULANIÉ. — Sur les effets respiratoires et les troubles mortels amenés par les excitations centrifuges du nerf vague. *Soc. de Biol.*, 1889, p. 96.

(3) ROGER.

CHAPITRE II

I. — Du fait à l'hypothèse

1° *Pendant l'excitation centrifuge forte et prolongée du nerf vague, se produisent des variations de la pression artérielle de deux types distincts, tenant vraisemblablement à deux causes différentes.*

Lorsqu'on soumet le bout périphérique du nerf vague droit, chez le chien, à une excitation forte et prolongée, on obtient en général un tracé de la pression artérielle semblable à celui que représente la figure 1.

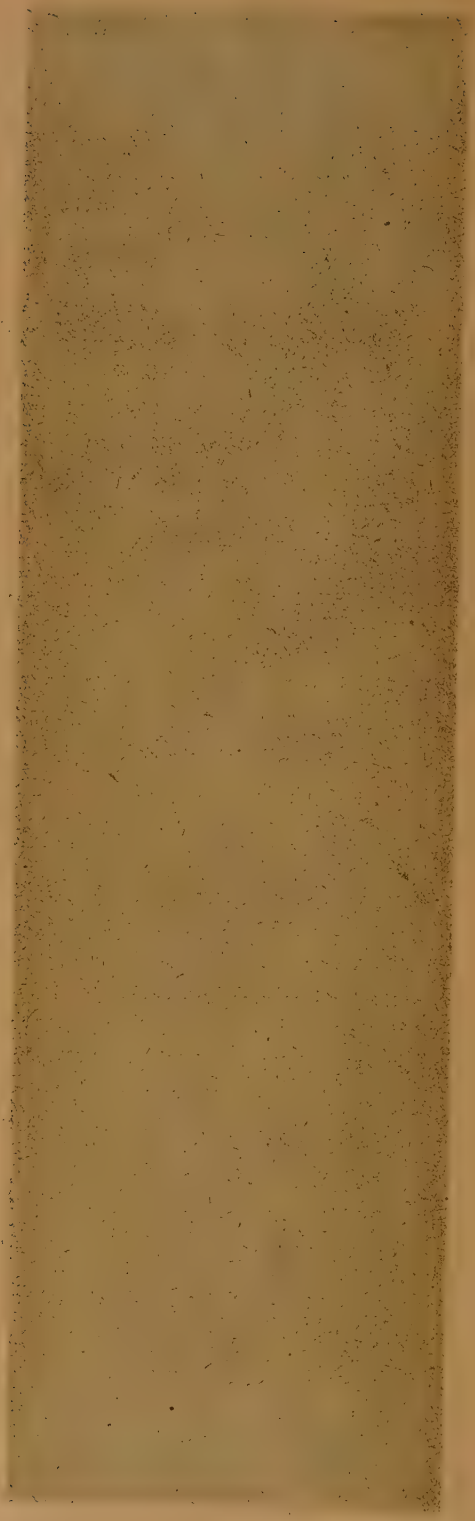
EXP. VI. — Chien ♀ 12 kilogr.; chloralosé (fig. 1).

On inscrit la pression carotidienne, à l'aide du kymographe de LUDWIG; les mouvements respiratoires, à l'aide du pneumographe de P. BERT; les mouvements du cœur à l'aide du cardiographe de BARDIER.

Le pneumogastrique droit est découvert au cou et sectionné. On excite son bout périphérique.

La pression tombe rapidement aux environs de 0 et présente alors des variations, objectivées graphiquement par deux sortes d'accidents. Abstraction faite d'une grande oscillation, apparaissent d'abord des *ondulations* étalées et surbaissées; leur forme est plus ou moins trapézoïde ou arrondie; puis surviennent, d'autant plus nombreuses et rapprochées que l'excitation se prolonge, des *oscillations* brèves, hautes, à sommet aigü; quelques-unes d'entre elles interrompent le cours de leur brusque descente pour s'achever en une courbe arrondie, qui, par sa forme, sa hauteur, sa période, rappelle les caractères des pre-

Fig. 1. Exp. VI, p. 16. — Le tracé de la pression artérielle présente pendant l'excitation du vague des accidents de deux sortes : ondulations et oscillations. Réd. de 3/5.



mières ondulations; il semble qu'ondulations et oscillations aient alors partiellement fusionné.

Il paraît *a priori* difficile d'identifier des accidents morphologiquement si distincts et de considérer les ondulations comme une réduction des oscillations. *En fait,* l'expérience permet parfois de les obtenir les unes à l'exclusion des autres et donne ainsi une première indication sur leur déterminisme respectif.

EXP. III. — 10 juin 1919 (fig. 2).

Chien ♂, 15 kilogr., chloralosé.

L'animal a servi à une expérience antérieure : fistule salivaire, excitation du lingual, de la corde du tympan, du sympathique, etc. La pression du sang dans la carotide est inscrite à l'aide du kymographe de Ludwig.

A 18 heures, le pneumogastrique droit est découvert au cou et sectionné. On excite le bout périphérique du nerf. Chute de la pression artérielle; il se produit sur cette courbe trois amples oscillations qui paraissent suivre le rythme des mouvements respiratoires. On inscrit donc ces mouvements à l'aide du pneumographe de P. Bert.

On soumet alors le bout périphérique du nerf à des excitations ménagées; le cœur est ralenti; le kymographe inscrit sept oscillations correspondant à sept pulsations cardiaques; le rythme respiratoire n'a pas été modifié : on compte trois mouvements respiratoires complets dans le même temps.

Dans une seconde expérience, on soumet le segment périphérique du vague à des excitations fortes. Dans ces conditions, le cœur s'arrête; le rythme respiratoire se ralentit. Durant l'excitation, l'animal exécute trois excursions du thorax, auxquelles répondent sur le tracé de la pression artérielle trois ondulations (fig. 2.).

Donc les excitations centrifuges faibles du vague — celles que nous savons propres à ralentir le cœur sans l'arrêter — permettent l'apparition des oscillations; au contraire, les excitations fortes du même nerf — celles qui sont aptes à immobiliser temporai-

rement le cœur en diastole — peuvent laisser persister exclusivement les ondulations dont le rythme affecte alors un parallélisme frappant avec la respiration. Voilà une double raison de soupçonner que, seules, les oscillations sont des accidents cardiaques, les ondulations se réclamant plus vraisemblablement d'une origine respiratoire.

⁂

Nous n'insisterons pas sur le mécanisme de production des grandes oscillations de la pression artérielle pendant l'excitation centrifuge du vague droit. On interprète classiquement ces accidents comme les témoins d'un réveil des contractions cardiaques, et ce réveil, comme un effet de la fatigue de l'appareil nerveux inhibiteur. Plus sujette à discussion est la hauteur remarquable qu'affectent alors ces oscillations de la pression artérielle. Exprime-t-elle que le cœur développe plus de force, ou bien, ces contractions ne sont-elles plus énergiques qu'en apparence, leur effet presseur accru s'expliquant simplement par la déplétion du système artériel et la diminution des résistances à vaincre?

E. DE CYON (1) semble admettre que les pulsations ventriculaires sont renforcées en même temps que ralenties (Actions puls) par l'excitation simultanée dans le tronc du vague de fibres modératrices et de fibres « dynamiques ». Mais comment concilier le pouvoir dynamique qu'on attribue ici au vague avec le rôle antitonique que d'autres expériences, plusieurs fois confirmées, reconnaissent au même nerf? Par contre, ARLOING et TRIPIER (2) constatent par l'emploi de sondes cardiographiques, véritables manomètres,

(1) E. DE CYON. — Les nerfs du cœur. Paris, *Alcan* 1905, Chap. II § 6.

(2) ARLOING et TRIPIER. — Contrib. à l'étude de la physiologie du nerf vague. *Arch. de Phys. norm. et pathol.* 1872, p. 594, fig. 10.

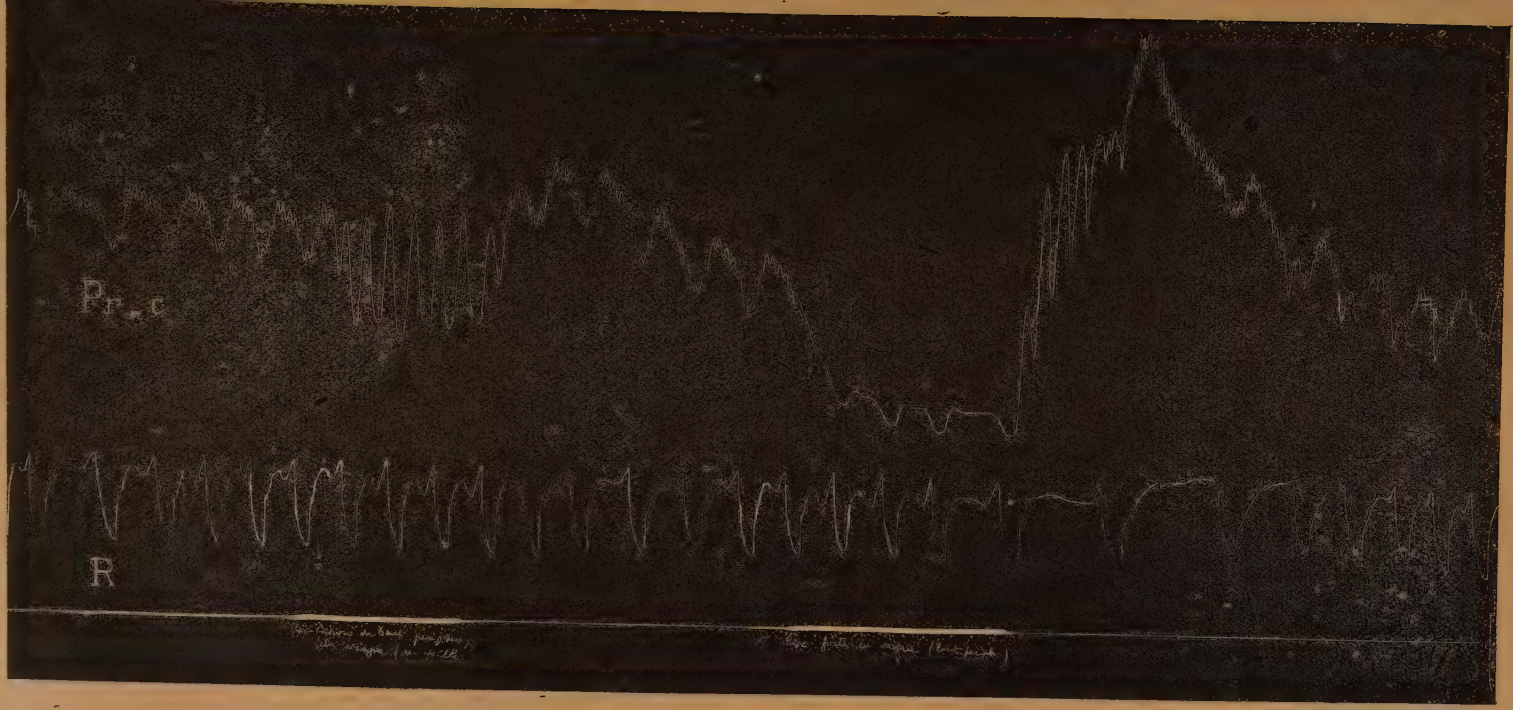


Fig. 2. Exp. III, p. 19. — Lors de la première excitation (excitation faible), le tracé de la pression artérielle (tracé supérieur) montre sept oscillations d'origine cardiaque, pendant que l'animal accomplit quatre mouvements respiratoires. Lors de la deuxième excitation (excitation forte) la pression artérielle varie comme la respiration. Remarquer l'effet de l'excitation forte du bout périphérique du vague sur la respiration. Réd. de 1/2.

quand elles ont été préalablement graduées, que l'énergie de la contraction cardiaque n'est pas augmentée pendant l'excitation du vague. Ils interprètent le phénomène comme une conséquence de la vacuité relative du système artériel pendant l'arrêt ou le ralentissement du cœur. En somme, ces oscillations ne constituent qu'un cas particulier de la loi de MAREY sur les valeurs inverses que présentent l'élément variable et l'élément constant de la pression artérielle: les systoles, à puissance contractile égale, ou même réduite, possèdent individuellement un effet presseur d'autant plus accentué qu'elles sont plus ralenties, car elles lancent alors une ondée sanguine plus copieuse dans un système artériel moins distendu.

Quant aux ondulations qui, seules, retiendront désormais notre attention, nous les désignerons, pour plus de brièveté et en raison de l'origine que nous leur supposons, sous le nom d'*ondulations R*. Bornons-nous pour l'instant à remarquer :

1° Qu'elles ne peuvent être dues à l'inertie de la masse mercurielle du manomètre inscripteur. En effet, la figure 2 montre qu'au lieu de s'éteindre, ces mouvements augmentent de durée à mesure qu'ils se reproduisent.

2° Qu'elles sont synchrones aux mouvements respiratoires.

Il nous faut maintenant préciser notre hypothèse.

⁂

2° Les ondulations R varient comme les mouvements respiratoires et disparaissent avec eux.

Le parallélisme entre les ondulations R et les mouvements respiratoires est rendu plus évident encore par cette circonstance que l'excitation forte du bout périphérique du vague détermine une modification du rythme respiratoire que reproduisent alors com-

me un fidèle décalque les ondulations R de la pression artérielle (1). Si, sur nombre de tracés lesdites ondulations tout d'abord s'accusent, puis s'allongent et s'atténuent, au point de s'effacer enfin complètement, à mesure que se prolonge l'excitation du vague, c'est que dans le même temps les mouvements respiratoires, après s'être initialement amplifiés se réduisent de nombre et d'amplitude jusqu'à l'apnée. C'est ce dont témoigne en particulier l'expérience suivante :

EXP. IV. — 12 juin 1919 (fig. 3).

Chien ♀, bouledogue, 15 kilogr., chloralosé.

L'animal a déjà servi à une expérience au cours de laquelle il a été saigné. On inscrit la pression du sang (carotide droite), les mouvements respiratoires (pneumog. de P. Bert) et les mouvements du cœur.

(1) L'excitation *centrifuge* du nerf pneumogastrique modifie profondément la respiration : tel est le fait, souvent signalé, mais insuffisamment éclairci encore aujourd'hui. Arloing et Tripier, qui l'ont étudié parmi les premiers, pensent que le segment périphérique du vague sectionné contient des fibres sensibles récurrentes qui, par anastomose, gagnent le vague symétrique et les centres : il s'agit, pour eux, d'un phénomène de sensibilité récurrente. Laulanié a montré que la section du deuxième vague ne faisait pas disparaître les effets respiratoires de l'excitation centrifuge du vague; il a vu que ces effets variaient comme le pouvoir cardio-inhibiteur de ce nerf; il en conclut qu'ils résultent de l'anémie bulbaire consécutive à l'arrêt du cœur. Doyon résout l'apparente contradiction qui existe entre les faits observés par Arloing et Tripier et ceux que rapporte Laulanié: les fibres récurrentes d'Arloing et Tripier passeraient par les nerfs vertébraux et non par le vague opposé. François Franck a montré la complexité de ce phénomène et qu'il était nécessaire d'apporter à son analyse un soin minutieux.

Dès nos premières expériences nous nous sommes efforcé de préciser son déterminisme; les recherches que nous avons entreprises ne nous permettent pas encore d'apporter ici un avis suffisamment fondé. Nous retenons seulement le fait des modifications du rythme respiratoire par l'excitation centrifuge du vague, remettant son explication à un travail ultérieur.

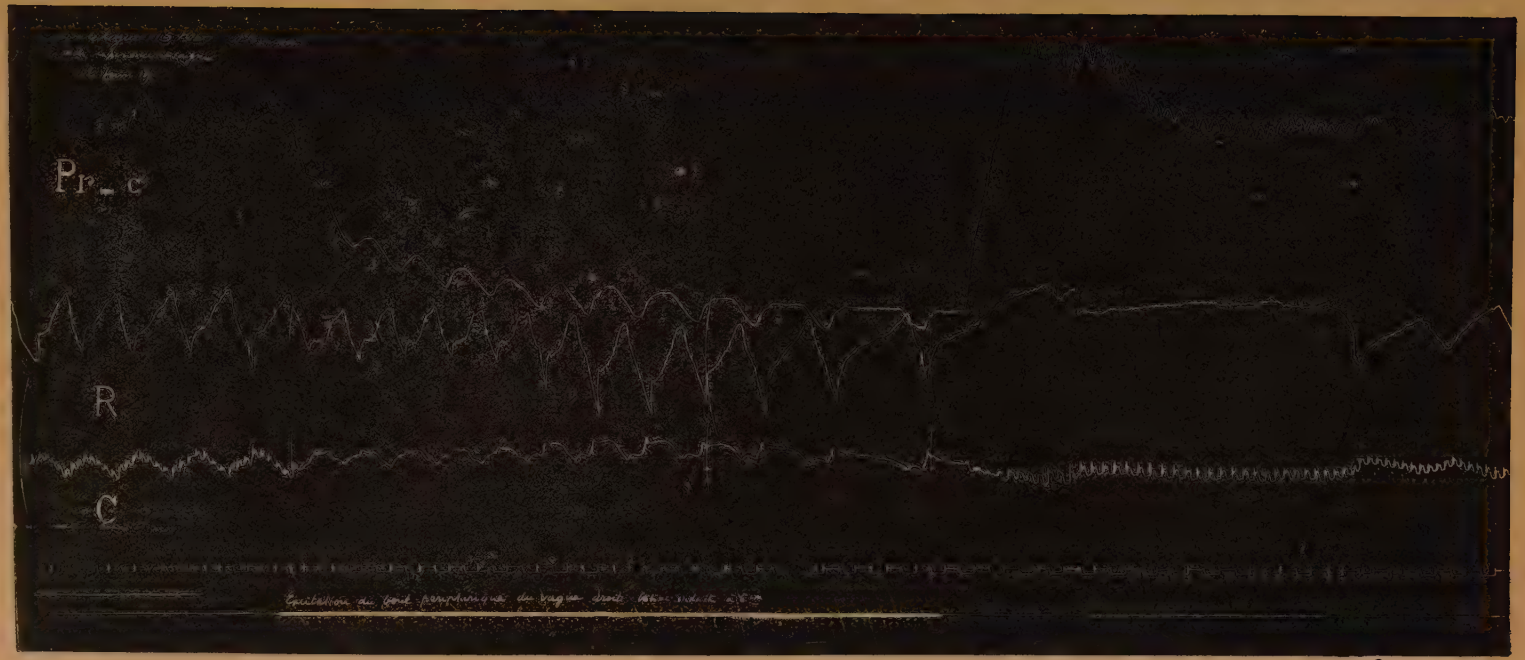
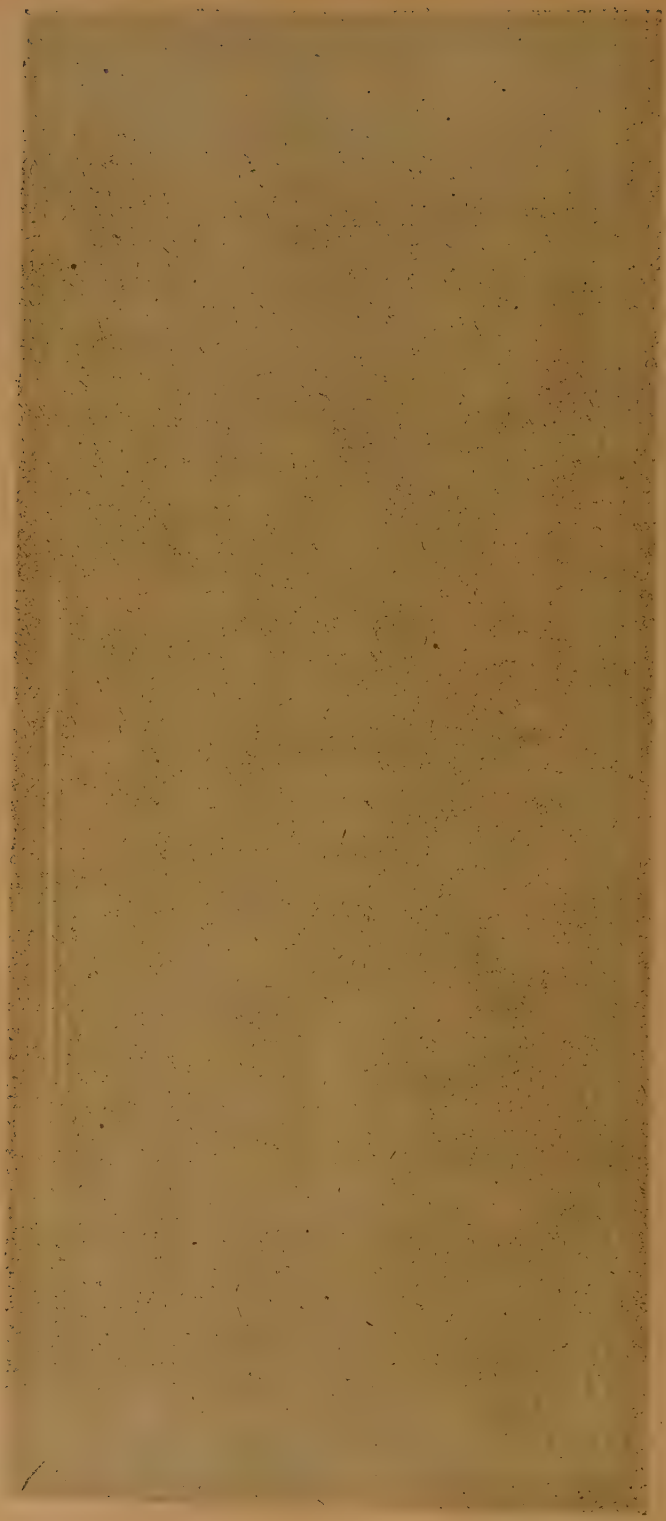


Fig. 3 (Exp. IV, p. 24). — Pendant l'excitation du nerf vague, la pression artérielle (tracé supérieur), varie comme les mouvements respiratoires (tracé moyen), selon un parallélisme rigoureux. Cependant, le cardiogramme (tracé inférieur), montre que le cœur est arrêté et n'indique que les mouvements du thorax. Dans la partie inférieure de la figure, tracé des temps (1/2 seconde) et signal de Desprez, Réd. de 3/5.



Le nerf pneumogastrique droit est découvert et sectionné. On excite son bout périphérique. L'excitation dure vingt-et-une secondes. On observe sur le tracé de la pression artérielle onze ondulations R. Elles correspondent, nombre pour nombre, à onze mouvements respiratoires. Chaque ondulation a une amplitude et une durée exactement proportionnelles à l'amplitude et à la durée du mouvement respiratoire correspondant. Ces caractères sont d'autant plus faciles à mettre en évidence, que les mouvements respiratoires ont été très nettement modifiés au cours de l'excitation du vague. Superficiels et fréquents au début de l'excitation, ils exagèrent ensuite leur amplitude, l'inspiration se faisant profonde et brusque; l'expiration de plus en plus prolongée aboutit enfin à l'apnée. Entre chaque ondulation R et le mouvement respiratoire correspondant, la relation est la suivante : *la pression artérielle décroît pendant l'inspiration et croît pendant l'expiration* (fig. 3).

3° *Les ondulations R se produisent en l'absence de toute contraction du cœur*

Malgré le parallélisme étroit que l'on constate entre les deux phénomènes, il n'est nullement évident que les mouvements respiratoires soient la cause directe des ondulations R de la pression artérielle. Nous sommes incités à cette réserve par la notion même de l'arythmie respiratoire: on sait que, chez le chien (1) er particulier, la fréquence des pulsations augmente pendant l'inspiration et diminue pendant l'expiration; ainsi, se trouve caractérisé le pouls appelé par les cliniciens (2), *pouls de chien*. La cause de ce phénomène est mise en évidence par une expérience de Frédericq (3) : « On résèque chez un chien la mu-

(1) Wertheimer et Meyer. — Les variations respiratoires du rythme du cœur et de la forme du pouls. *Arch. de Physiol.*, 1889, p. 24.

(2) H. Vaquez. — Les Arthmies, Paris, *Baillière*, 1911, p. 159.

(3) Léon Frédéricq. — De l'influence de la respiration sur la circulation. Les oscillations respiratoires de la pression artérielle chez le chien. *Arch. Biol. belges*, 1882, p. 55.

jeure partie de la paroi thoracique, on divise largement l'abdomen par deux incisions cruciales, en respectant le nerf pneumogastrique et on coupe le nerf phrénique : le jeu du diaphragme est donc annihilé. L'animal est maintenu en vie par la respiration artificielle; le pouls cesse alors de présenter son irrégularité habituelle. A un certain moment, on suspend la respiration artificielle et on laisse l'animal respirer avec son tronçon de thorax. A ce moment précis, le pouls s'accélère, la pression s'élève et le rythme respiratoire du pouls se trouve reconstitué. » Or, si l'on sectionne le nerf pneumogastrique ou si l'on atropinise l'animal, l'arythmie respiratoire disparaît. On conclut de ces faits à une action des centres bulbaires respiratoires sur le centre cardio-régulateur, action réfléchie par la voie des vagues, sans qu'on puisse d'ailleurs préciser, si l'irrégularité du pouls provient d'un ralentissement expiratoire ou d'une accélération inspiratoire.

Nous n'avons rappelé ces notions que pour justifier la nécessité d'une discussion plus serrée et d'une investigation expérimentale plus rigoureuse. Ne serait-il pas possible, en effet, que les mouvements respiratoires n'intervinssent dans la production des ondulations R, qu'en réveillant l'activité cardiaque? L'hypothèse mérite d'autant plus examen que les contractions du cœur, momentanément inhibées ont une tendance manifeste à renaître à l'occasion des mouvements respiratoires (1) et, plus précisément, à la fin de la phase inspiratoire (fig. 4).

A coup sûr, il faudrait qu'alors l'activité du cœur fût profondément modifiée, puisque ses effets sur la pression artérielle s'expriment sur les tracés par des accidents aussi différents des oscillations cardiaques,

(1) Henrijean. — Pharmacodynamie, Paris, *Baillière*, 1913, t. I, fig. 38, 39, 40.

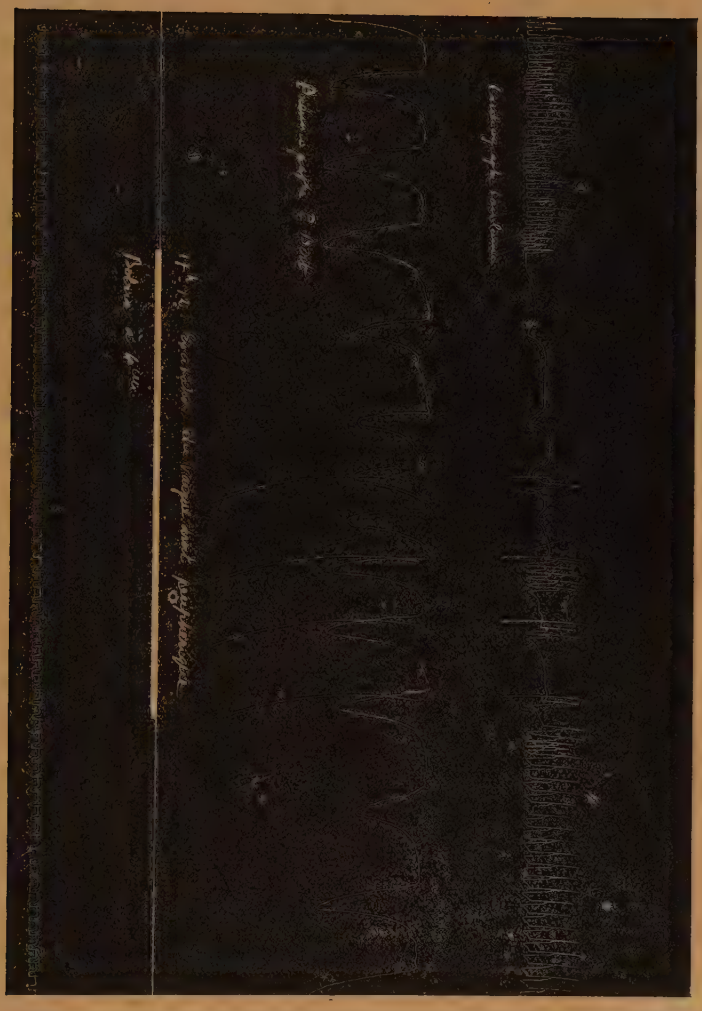


Fig. 4 (Exp. XXI, p. 28 et p. 30). — Pendant l'excitation du bout périphérique du vague, les contractions du cœur peuvent renaître, soit isolément, soit par « groupes », de préférence pendant la phase inspiratoire de la respiration. Réd. de 1/3.

que le sont les ondulations R. Mais nous devons rappeler ici, que précisément, l'excitation centrifuge du pneumogastrique peut déterminer des contractions cardiaques atoniques, paresseuses, avortées, — ou encore des systoles auriculaires, persistant tandis que les ventricules restent inhibés et relâchés. Arloing (1) a observé, par la méthode cardiographique, chez le cheval soumis à l'excitation des vagues, et ces systoles ventriculaires avortées, et ces dissociations auriculo-ventriculaires où l'oreillette continue à se contracter tandis que le ventricule reste immobile. Mais, ce sont là des résultats expérimentaux observés exceptionnellement (Arloing intitulait son mémoire: « Modifications rares ou peu connues de la contraction des cavités du cœur »), alors que les ondulations R ne manquent jamais quand on se place dans les conditions que nous avons dites. Bien plus, lorsque ces conditions se réalisent, peuvent-elles agir sur la pression artérielle et la faire varier? Il est peu vraisemblable, déclare Arloing, que ces systoles ventriculaires avortées « soient capables de déterminer une pulsation dans les artères périphériques. » (*loc. cit.* page 164).

Quant aux systoles auriculaires dissociées, étant connue leur brièveté et leur faible puissance, comment pourrait-on les tenir pour responsables d'amples ondulations artérielles qui durent parfois deux à trois secondes? Même en se plaçant dans les conditions les plus favorables (abaissement de la pression artérielle à 3 ou 4 cm. de mercure et dissociation auriculo-ventriculaire, précisément par excitation ména-

(1) Arloing. — Modifications rares ou peu connues de la contraction des cavités du cœur. *Arch. de Phys. norm. et path.* 1894, p. 163-171.

gée du vague), Fr. Franck (1) n'a jamais vu la contraction auriculaire réaliser le moindre effet manométrique dans les artères. Si Henrijean (2), au cours d'expériences d'excitation des vagues a noté sur certain tracé de pression artérielle, l'existence de très légères oscillations que leur synchronisme avec les battements auriculaires, pendant l'arrêt des ventricules permet de rattacher à l'activité dissociée des oreillettes, il faut bien avouer qu'il s'agit d'un phénomène exceptionnel, et ces oscillations très menues, en dents de scie, n'ont, comme il était à prévoir ni l'ampleur, ni la constance des ondulations R.

On voit combien l'hypothèse que les mouvements respiratoires ne produiraient les ondulations R qu'en réveillant l'activité cardiaque, est *a priori* peu satisfaisante et peu probable. Il appartenait cependant à l'expérience de préciser si, lorsque le kymographe inscrit des ondulations R, synchrones aux mouvements respiratoires, le cœur se contracte, ou reste immobile et flasque, en diastole.

Il suffit, évidemment, pour cela d'inscrire sur nos tracés les mouvements du cœur. Mais de tels tracés ne sont probants que sous certaines conditions. Pour que la démonstration cherchée soit hors de contestation, il faut utiliser un cardiographe qui ne soit pas simultanément pneumographe. Le cardiographe double de Marey, celui de Bardier, l'emploi d'une aiguille plantée dans le myocarde et reliée à un tambour manipulateur..., tous ces dispositifs offrent à un degré plus ou moins marqué l'inconvénient — d'ordinaire négligeable, mais ici majeur — de four-

(1) François Franck. — Nouvelles recherches sur les effets de la systole des oreillettes sur la pression ventriculaire et artérielle. *Arch. de Phys. norm et path.* 1890, p. 395-410.

(2) Henrijean, — *Loc. cit.* fig. 37, p. 494.

nir un graphique mixte où interfèrent, avec leurs périodes propres, mouvements du cœur et mouvements du thorax; cette inscription des mouvements du thorax, lorsque ceux du cœur sont suspendus (ou qu'on prétend les démontrer tels) peut prêter à discussion sinon à confusion. Au contraire, le cardiographe de Laulanié (1) donne des cardiogrammes *sensiblement* purs. C'est lui que nous avons utilisé. Il se compose « d'une aiguille recourbée à angle droit qu'on fait pénétrer dans le thorax et qu'on amène à reposer sur le muscle cardiaque » et, d'autre part d'un tambour explorateur qu'on mettra en relation avec l'aiguille. Ce tambour est porté sur une armature « plaque métallique et inflexible, percée d'un orifice central qui laisse passer l'aiguille ». Deux liens élastiques, où sont fixées deux aiguilles recourbées qui s'implantent dans la peau, permettent de l'appliquer sur le thorax d'une manière « brutale et implacable ». L'aiguille est suffisamment maintenue dans sa direction et suffisamment mobile, grâce à un conducteur de dispositif très simple. Ainsi, l'instrument est un « véritable myographe du cœur », échappant à peu près complètement à l'influence des mouvements respiratoires. Nous disons « à peu près ». On verra, en effet, qu'il est, dans une certaine mesure, sensible aux mouvements du thorax, qu'il inscrit en un tracé, d'ailleurs, tantôt positif et tantôt négatif. Nous ne pourrions, sans alourdir fâcheusement notre démonstration, analyser ici ce phénomène. Nous retiendrons seulement ce fait essentiel : quel que soit le sens de ces inflexions respiratoires du tracé cardiographique, il suffit de les comparer au tracé des contractions avérées du cœur, pour n'être pas

(1) Laulanié. — Sur un cardiographe à aiguille. *Soc. Biol.* 1889, p. 682.

tenté de leur accorder une signification qu'elles n'ont pas.

EXP. XXI. — 21 octobre 1919 (fig. 5).

Chien ♀ ; 13 kil. 200, chloralosé à 15 h. 30.

L'animal est muni du pneumographe de P. BERT et du cardiographe de LAULANIÉ. Le nerf pneumogastrique droit est découvert au cou, et sectionné. On excite son bout périphérique. Le cœur s'arrête d'abord; puis, à chaque inspiration, apparaissent un groupe de contractions cardiaques (1).

A ce moment, on découvre l'artère crurale droite et on la met en communication avec le kymographe de LUDWIG. On excite le segment périphérique du nerf vague : le cœur s'arrête. Le tracé des pressions artérielles figure d'abord des ondulations R parallèles aux mouvements respiratoires, tandis que dans le même temps, le cardiographe de LAULANIÉ a inscrit une ligne qui ne témoigne d'aucun mouvement propre au cœur; puis apparaissent des contractions cardiaques, très nettes, sur la deuxième partie du tracé; à chacune d'elles correspond une oscillation cardiaque de la pression artérielle. Parfois, ces oscillations interfèrent avec des ondulations R; des repères permettent de faire aisément la part de chacun de ces phénomènes (fig. 5.).

(1) Nous avons cité ce fait p. 28 (fig. 4).

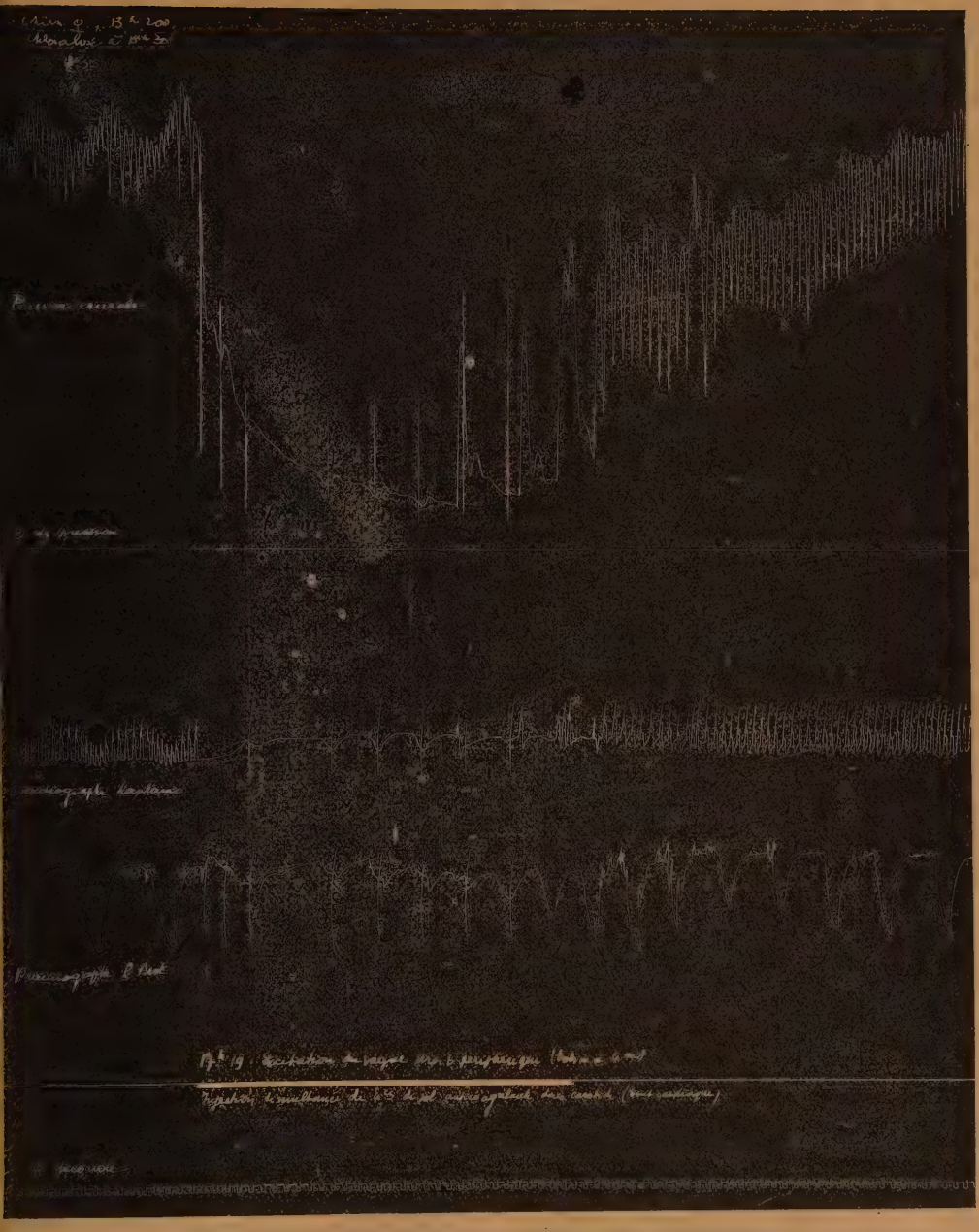


Fig. 5. (Exp. XXI, p. 34). — Tandis que se produisent sur le tracé de la pression artérielle les ondulations R, le cardiographe exprime l'inactivité absolue du cœur et n'indique que des mouvements d'origine respiratoire. L'excitation du vague se prolongeant, quelques contractions cardiaques apparaissent, auxquelles répondent sur le tracé de la pression des oscillations, élevées, aiguës, caractéristiques. Réd. de 1/3.

II. — Vérification expérimentale de l'hypothèse

Les ondulations R, fonction des variations de la pression intrathoracique, doivent varier comme cette pression elle-même.

Nous avons précédemment constaté que les ondulations R suivent étroitement le rythme des mouvements respiratoires; que, plus précisément, la pression artérielle décroît pendant l'inspiration et croît pendant l'expiration ; c'est-à-dire qu'elle présente dans sa valeur variable, les alternatives mêmes de la pression intrathoracique. N'est-ce point là l'indice d'une relation de cause à effet ? On sait que le mécanisme de production des ondulations de second ordre de la pression artérielle relève de facteurs multiples et le type réalisé n'est jamais qu'une résultante — une somme algébrique, si l'on veut — d'actions convergentes ou antagonistes, dont certaines, suivant le cas et l'animal considérés, prennent une importance majeure et prédominante. Les associations nerveuses fonctionnelles bulbaires entre le centre inspiratoire et les centres cardio-modérateur et vaso-constricteur ajoutent leur influence propre aux effets physiques d'appel et de retrait réalisés par le jeu du thorax sur son contenu, sur le cœur et les gros vaisseaux juxta-cardiaques comme sur le poumon. C'est ainsi que l'accélération inspiratoire du cœur chez le chien et la hausse de la pression qui en résulte sont assez marquées pour neutraliser et primer l'effet dépresseur qu'aurait l'inspiration réduite à ses seules actions mécaniques.

Or, c'est cette réduction que réalise précisément l'excitation du vague, d'où le type graphique des on-

dulations R (descente inspiratoire, ascension expiratoire), type exactement inverse de celui qu'affectent les ondulations de pression de second ordre chez le chien normal. Sans doute, les deux sortes d'accidents traduisent bien l'influence de la respiration sur la pression artérielle, mais les premiers en objectivent exclusivement les effets mécaniques, les seconds essentiellement les effets dynamiques d'innervation cardio-vasculaire, conséquence de l'association fonctionnelle entre centres bulbaires voisins.

Que les ondulations R soient engendrées par les variations mêmes de la pression intrathoracique, c'est la démonstration que nous offrent maintenant les expériences suivantes. Elles permettent la confrontation des deux phénomènes inscrits :

1° Au cours de la respiration normale ;

2° Au cours de la respiration modifiée par un obstacle placé sur les voies aériennes.

A cet effet, une poche de caoutchouc, remplie d'eau, et reliée par un tube de caoutchouc à un manomètre inscripteur est poussée dans la plèvre par une petite incision intercostale, qu'on referme soigneusement et rapidement autour du tube. On reconnaît dans ce dispositif les traits essentiels de celui que Ludwig (1) a utilisé pour démontrer précisément l'origine et le mécanisme respiratoires des oscillations de second ordre de la pression artérielle. L'inscription des variations de la pression intrathoracique fournit dans ces conditions et pendant l'excitation centrifuge du vague des ondulations identiques à celles de la pression artérielle, à cette différence près que les premières s'inscrivent sur une ligne horizontale, les secondes sur une courbe descendante. Les unes et les autres ne

(1) Ludwig. — Beiträge zür Kenntniss des Einflusses der Respirations bewegungen auf den Blutlauf im Aortensystem. *Müller's Archiv. f. Anat. ù. Physiol*, 1847, p. 242.

peuvent se réclamer que de la seule condition qui leur soit commune : les effets mécaniques des mouvements respiratoires. Ainsi :

1° *Dans la respiration normale, les ondulations R expriment fidèlement les variations de la pression intrathoracique.*

EXP. XIII. — 18 octobre 1919.

Chien ♀, 14 kilogr., chloralosé.

On découvre l'artère crurale droite; on la met en communication avec un kymographe de Ludwig. Découverte au cou et section du pneumogastrique droit. On inscrit les mouvements respiratoires avec le pneumographe de P. Bert, les contractions du cœur, avec le cardiographe de Laulanié. Une poche à eau, conjuguée à un second kymographe identique au premier est introduite dans la plèvre par l'incision d'un espace intercostal qu'on referme avec soin. On excite le segment périphérique du pneumogastrique droit : le cœur s'arrête; la pression artérielle diminue rapidement; et les ondulations qu'elle présente coïncident exactement avec les variations de la pression dans la poche intrathoracique inscrites par le second manomètre.

EXP. XXI. — 23 octobre 1919 (fig. 6).

Chien ♀, 13 kil. 200, chloralosé.

(Le début de cette expérience a été cité p. 28 et p. 34).

Par une incision intercostale que l'on referme ensuite avec soin on introduit dans la plèvre une poche à eau conjuguée à un manomètre à mercure.

A 17 h. 50 on excite le segment périphérique du vague droit, la bobine induite, placée à 4 cm. Le cœur s'arrête (1), la respiration s'accélère. La pression artérielle subit des variations parallèles accusées.

Les mêmes variations sont inscrites par le manomètre en rapport avec la poche intrapleurale.

(1) Les accidents du cardiogramme ne sont évidemment qu'un tracé négatif des mouvements respiratoires.

Il est établi que les ondulations R expriment graphiquement que, dans les conditions expérimentales où nous nous plaçons, la pression artérielle varie comme la pression intrathoracique, pendant la respiration normale.

Or, nous savons modifier les conditions de la respiration chez un animal donné et nous connaissons l'effet de cette expérience sur la pression intrathoracique; d'Arsonval (1) en cite des exemples; mais le plus simple est celui proposé par Marey (2) : « L'agrandissement de la poitrine au moment de l'inspiration crée dans le poumon un vide que l'air vient aussitôt combler en se précipitant dans les voies respiratoires. Si la pénétration de l'air est facile, la raréfaction dans le poumon est faible parce que le vide est comblé pour ainsi-dire à mesure qu'il se forme; mais si l'entrée de l'air se fait difficilement, l'aspiration thoracique devient beaucoup plus intense : c'est dans ces circonstances qu'on voit les espaces intercostaux s'affaisser, les creux sous-claviculaires se déprimer, annonçant l'énergie de l'aspiration intérieure. Dans ces conditions, le sang des artères de la périphérie reflue en partie dans l'aorte thoracique; celle-ci est dilatée, comme le sont des vaisseaux placés au-dessous d'une ventouse. Aussi devra-t-on voir baisser la tension dans les artères des membres; c'est en effet ce qui a lieu ». Si, donc, il est vrai que les ondulations R sont d'origine respiratoire, il faut qu'elles augmentent d'amplitude, lorsque l'on met obstacle à l'entrée de l'air dans les poumons. C'est ce que prouve le fait suivant :

---

(1) D'Arsonval. — Rech. théoriques et expérimentales sur le rôle de l'élasticité du poumon dans les phénomènes de la circulation. Th. Paris, 1877.

(2) Marey. — La circulation du sang, p. 458, Paris, Masson, 1881.

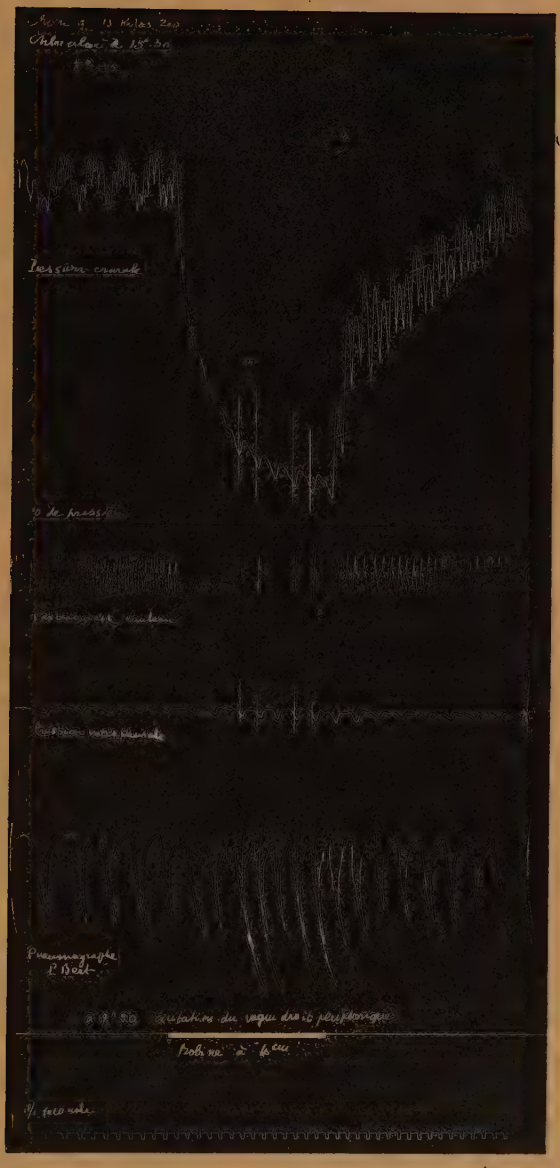


Fig. 6 (Exp. XXI, p. 39). — Les variations de pression, en fonction des mouvements respiratoires, dans le système artériel et dans un système clos, artificiellement introduit dans le thorax, sont égales et de même signe. Réd. de 1/3.

2° *Lorsqu'il existe un obstacle à la pénétration de l'air dans les poumons, les ondulations R augmentent d'amplitude.*

EXP. XXXVI. — 5 février 1920.

Chien ♀, 6 kilogr., chloralosé.

On inscrit la pression du sang dans l'artère crurale droite; les mouvements du thorax (pneumographe de P. BERT) et les contractions du cœur (cardiographe de LAULANIÉ). Une poche à eau est introduite dans la cavité thoracique et mise en communication avec un second kymographe. La trachée est découverte et incisée; on y place une canule pourvue d'un tube de caoutchouc de 4 à 6 cm. Le nerf pneumogastrique droit est découvert et sectionné.

a) L'animal respirant librement, on excite le bout périphérique du vague : le cœur s'arrête; la pression artérielle baisse en présentant quelques ondulations R faiblement accusées.

b) Même expérience, le tube de caoutchouc étant partiellement obturé à l'aide d'une pince. Les ondulations R sont alors sensiblement plus accentuées.

c) Même expérience, le tube de caoutchouc étant brusquement et complètement fermé au moment d'une expiration de l'animal. Dans ces conditions, les ondulations R acquièrent une amplitude maxima, en même temps que le second kymographe indique que les variations de la pression intrathoracique deviennent plus considérables.

On peut même observer, dans ces conditions, ce fait singulier : la pression intra-thoracique prenant alors une valeur plus réduite encore que normalement, la pression artérielle peut prendre une valeur négative et on voit les ondulations R s'inscrire au-dessous de la ligne du zéro du manomètre (1).

(1) A. TOURNADE et G. GIRAUD. — Pression artérielle négative pendant l'excitation centrifuge du vague. *C. R. Soc. Biol.*, 17 janvier 1920. T. LXXXIII, p. 33.

EXP. XXIV. —5 novembre 1919 (fig. 7).

Chien ♀, 11 kilogr., chloralosé.

Pneumographe P. Bert. Cardiographe Laulanié. L'artère crurale droite est mise en communication avec le kymographe de Ludwig. Le pneumogastrique droit est découvert au cou et sectionné. On soumet le segment périphérique de ce nerf à diverses excitations. Les mouvements du cœur sont à peine ralentis. On décide alors de saigner l'animal afin de le sensibiliser aux actions cardio-inhibitrices. A 15 h. 10' on lui enlève en 26", 95 cm³ de sang.

On introduit alors dans la cavité pleurale droite une poche élastique pleine d'eau, conjuguée à un manomètre inscripteur. Puis l'animal est mis en état d'asphyxie lente par adaptation à la trachée d'un tube de caoutchouc de 0 m. 50. Quelques instants plus tard, on pince le tube de manière à l'oblitérer incomplètement. On excite alors le segment périphérique du pneumogastrique droit. Le cœur s'arrête; la pression artérielle diminue et prend une valeur négative (inférieure à la pression atmosphérique); ses variations ne s'inscrivent pas moins sous la forme d'ondulations R. En même temps, le tracé du cardiographe s'élève, témoignant d'une dilatation considérable du cœur (fig. 7).

A 16 h. 25, on excite le segment périphérique du vague droit, la bobine induite étant placée à 0. Le cœur s'arrête. La pression prend une valeur très voisine de 0; à ce moment, survient un groupe de contractions cardiaques qui relève la pression.

A 16 h. 28', même excitation; le cœur est arrêté; la pression artérielle prend de nouveau une valeur négative.

Ainsi, de même que l'on enregistre des valeurs négatives de la pression dans les oreillettes et dans les ventricules à certaines périodes de la révolution cardiaque, de même, dans les conditions expérimentales que nous venons d'indiquer, on peut réaliser de telles dépressions dans le système artériel périphérique. C'est que l'action aspiratrice, à renforcement inspiratoire, que l'élasticité pulmonaire développe dans les organes intramédiastinaux, se fait sentir par l'in-

Fig. 7. (Exp. XXIV, p. 44). — Oblitération incomplète des voies aériennes. — Les ondulations R peuvent prendre une valeur négative (par rapport au O du manomètre). Réd. de 3/5.

termédiaire de l'aorte thoracique jusque dans les artères périphériques.

⁂

On comprendra que nous ayons pu être tentés d'achever cette démonstration, en recherchant comment varient les ondulations R, lorsque l'on inverse les conditions de la respiration en substituant à la respiration normale la respiration artificielle par insufflation. La cavité thoracique est alors soumise à chacun des temps de cette ventilation anormale à des actions mécaniques inverses des actions normales. Au moment de l'insufflation, qui remplace l'inspiration normale, la pression s'exerçant sur les parois du médiastin est maxima; au moment de l'expiration, le poumon revient sur lui-même en raison de son élasticité et décomprime les parois mobiles du médiastin. Seul le diaphragme, lors de l'insufflation, s'abaisse, de même que, dans la respiration normale, lors de l'inspiration; et il détermine une élévation de la pression dans l'abdomen, et par conséquent dans l'aorte abdominale (1).

Les faits que nous avons observés nous incitaient à reprendre cette question souvent débattue des influences abdominales sur la pression artérielle. Mais nous ne pouvons faire entrer cette série de recherches dans le cadre de ce modeste travail. On nous excusera par cette réflexion que si une expérience de physiologie apporte parfois une solution au chercheur, elle lui propose toujours de nouveaux problèmes.

⁂

Au cours de recherches d'un autre ordre, le hasard nous a permis de réunir en une synthèse convaincante la preuve et la contre-épreuve de notre hypothèse. Voici cette expérience cruciale :

(1) N. Gréhant. — Effets inverses de la respiration artificielle par insufflation pulmonaire. *C. R. Soc. Biol.* 1870.

EXP. XXIX. — 25 novembre 1919 (fig. 8).

Chien ♂, bouledogue, 14 kil. 500, chloroformé.

Cet animal a reçu diverses injections intra-artérielles (solution de carbonate neutre de sodium à 6 %; solution de carbonate acide de sodium à 6 %, etc...) et a subi déjà à plusieurs reprises l'excitation du bout périphérique du vague droit.

L'artère crurale droite est mise en rapport avec un premier kymographe. On inscrit les mouvements respiratoires à l'aide du pneumographe de P. Bert et les contractions du cœur à l'aide du cardiographe de Laulanié. Le pneumogastrique droit est découvert et sectionné. On introduit dans le thorax, par un espace intercostal incisé, une poche à eau qu'on conjugue avec un deuxième manomètre enregistreur à mercure. L'animal reçoit alors 10 cm³ de la solution d'hydrate de chloral à 20 % dans la veine jugulaire droite. On excite ensuite le segment périphérique du pneumogastrique : le cœur s'arrête.

On peut distinguer dans le graphique de cette expérience deux parties fortuitement séparées par une contraction cardiaque isolée. Dans la première partie, l'animal exécutait des mouvements respiratoires à peu près normaux. Les deux kymographes enregistrent des variations de pressions parallèles intrathoraciques et intra-artérielles. Dans la seconde partie, s'est établie une apnée dont nous n'avons pas à discuter le mécanisme. La pression dans la poche intrathoracique et dans le système artériel reste alors invariable du moins en l'absence de toute contraction cardiaque. Le cœur reprend-il, pour un instant, son activité, celle-ci s'exprime par un tracé caractéristique. On trouve ainsi sur un même tracé la preuve que les ondulations R sont solidaires des variations respiratoires de la pression intrathoracique et indépendantes de l'activité du cœur. Tous ces phénomènes s'expriment graphiquement selon un type spécifique, d'une interprétation aisée.

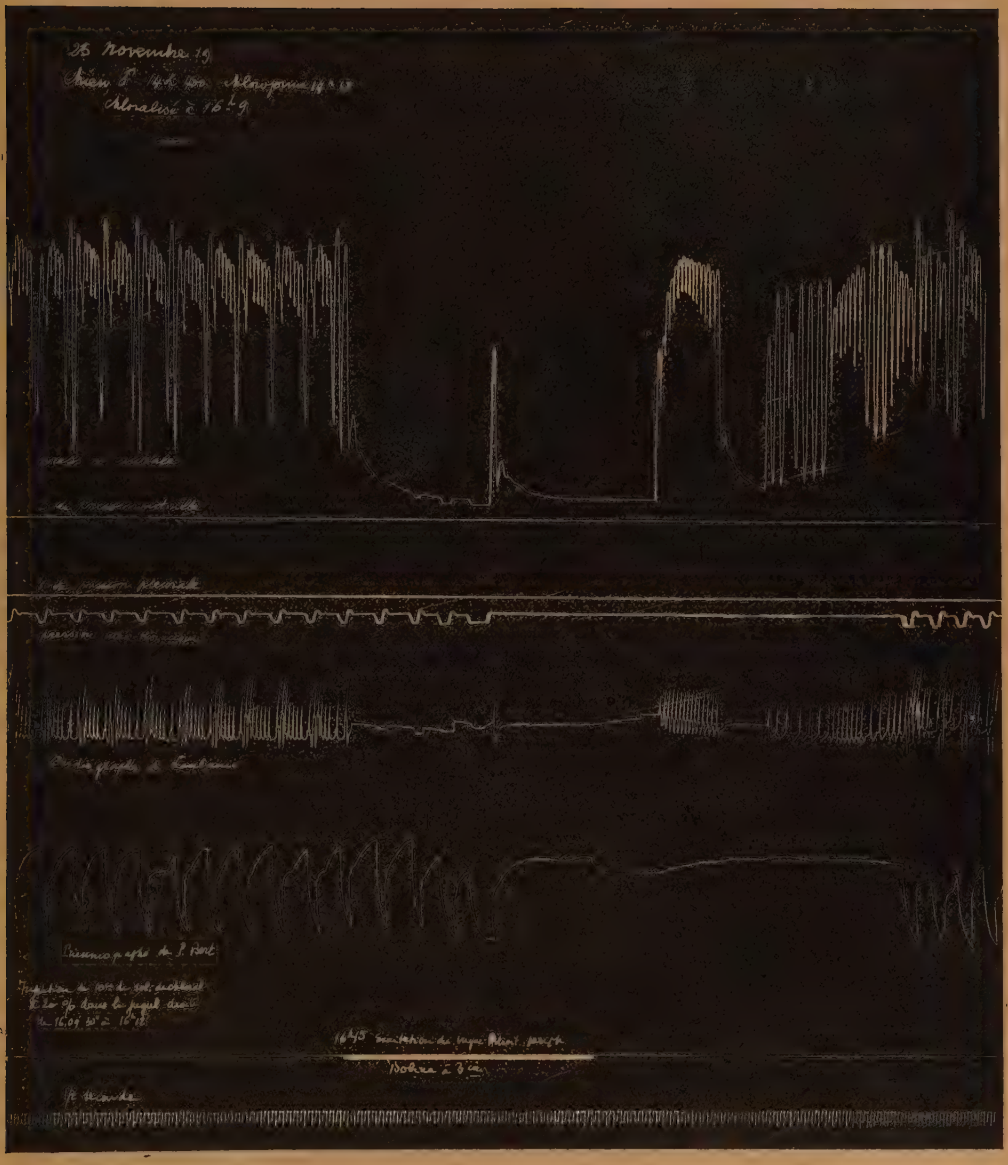


Fig. 8. (Exp. XXIX, p. 48). — Tant que persistent les mouvements respiratoires, les ondulations R se produisent. Ces mouvements sont-ils suspendus, les ondulations R disparaissent. Le cardiogramme montre que l'appareil de LAULANIÉ est, dans une certaine mesure, sensible aux mouvements du thorax; mais que ces accidents du tracé sont très faciles à distinguer des contractions du cœur. Réd. de 1/3.

III. — Examen de quelques faits exceptionnels

Si l'on examine systématiquement les accidents qui peuvent se produire sur les tracés de la pression artérielle obtenus pendant l'excitation centrifuge du vague, on voit que parfois des oscillations de formes peu différentes et faciles à confondre, peuvent être l'effet d'une contraction cardiaque ou d'un mouvement respiratoire.

Ainsi avertis de la diversité des causes qui peuvent modifier la valeur de la pression artérielle pendant l'excitation centrifuge du vague, nous avons alors résolu de vérifier le mécanisme de toutes les variations dont l'interprétation ne nous paraîtrait pas évidente et nous avons remarqué que, parfois, la forme spécifique attribuée au début de ces recherches aux oscillations cardiaques et aux ondulations R, était difficile à distinguer et qu'une confusion était possible.

EXP. XXXV. — 2 janvier 1920 (fig. 9).

Chien ♂, 12 kil. 700, chloralosé.

Découverte de la crurale gauche qu'on met en communication avec le kymographe de LUDWIG. Découverte au cou et section du pneumogastrique droit. On inscrit les mouvements du thorax (pneumographe P. BERT) et les battements du cœur (cardiographe LAULANIÉ).

A 16 heures on excite le bout périphérique du pneumogastrique : on obtient d'abord un arrêt du cœur, puis les contractions reparaissent, espacées. Nous avons indiqué sur le tracé de la pression artérielle, les oscillations correspondantes par la lettre C. On remarque en outre que les mouvements respiratoires déterminent des variations de la pression artérielle qui s'inscrivent en oscillations élevées, un peu moins brèves que les précédentes; nous les avons

indiquées par la lettre R (fig. 9). Ce n'est pas sur le pneumogramme que l'on pourra rechercher le parallélisme de ces ondulations R avec les mouvements du thorax. Le pneumographe avait en effet été placé sur l'abdomen.

L'excitation du bout périphérique du pneumogastrique paraît, dans ce cas, avoir modifié le type respiratoire qui, d'abdominal, est devenu surtout thoracique.

C'est un fait dont nous nous proposons de préciser la cause dans une étude ultérieure des modifications respiratoires qu'on réalise par l'excitation centrifuge du vague. Il nous suffit d'indiquer ici que le cardiographe a, comme toujours — plus que d'habitude même — fonctionné comme pneumographe, et qu'il donne des renseignements exacts sur les mouvements du thorax observés à ce moment.

A 6 h. 15', on introduit dans la cavité pleurale de l'animal, une poche à eau, conjuguée à un manomètre à mercure. On excite alors le bout périphérique du pneumogastrique et on obtient un tracé tout à fait comparable au précédent. Le tracé de la pression intra-thoracique fait alors la preuve de l'origine respiratoire des ondulations qu'on retrouve sur le tracé précédent.

Inversement, l'oscillation artérielle d'origine cardiaque peut par son allongement, son étalement anormal, simuler une ondulation d'origine respiratoire. Le fait s'est produit, au cours de nos expériences, chez des animaux déprimés, à pression artérielle moyenne basse, à tonicité vasculaire amoindrie. Pendant l'excitation du vague, la contraction cardiaque ne déterminait qu'un relèvement de la pression modéré et lent à se réduire à son niveau primitif.

EXP. XXVII. — 12 novembre 1919.

Chien ♂, 6 kilogr. 600 chloralosé à 16 h. 50.

Kymographe de LUDWIG (artère crurale droite). Pneumographe de P. BERT. Cardiographe de LAULANIÉ.

Le pneumogastrique droit est découvert et sectionné. L'animal subit diverses excitations.

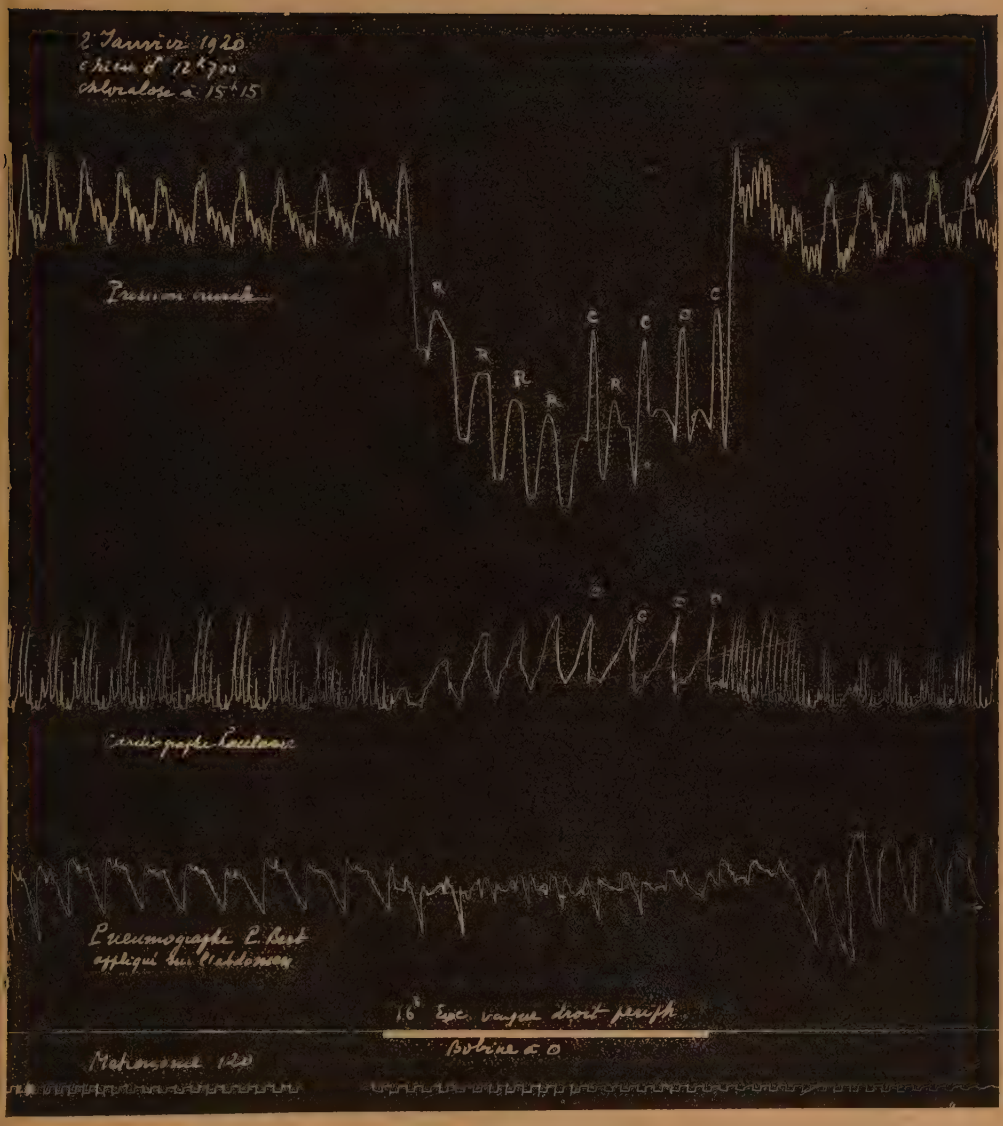


Fig. 9. (Exp. XXXV, p. 52). — Au cours de cette excitation se sont produites quatre contractions cardiaques (C). On les retrouvera sur le cardiogramme (à l'exception de la première que la gravure n'a pas rendue). Les autres accidents de la pression artérielle (R) sont dûs aux mouvements respiratoires; ces mouvements sont inscrits par le cardiographe. Le pneumographe de P. BERT, était appliqué sur l'abdomen.

A 17 h. 45, l'animal est décapsulé. Température : 35°2. Les capsules surrénales examinées après exérèse sont entières et n'ont pas été déchirées.

La pression artérielle moyenne est peu élevée, réduite de 5 cm. de mercure sur son niveau initial. On excite le vague: le cœur s'arrête d'abord, puis donne quelques contractions; lors de chacune d'elles, la pression s'élève brusquement, mais peu; elle ne reprend sa valeur primitive que lentement, par une ligne descendant en pente douce.

On voit que si dans des conditions exceptionnelles, ondulations respiratoires et oscillations cardiaques n'affectent pas le type que nous avons décrit, d'une manière générale, les deux phénomènes se présentent à l'observateur avec des caractères assez distincts pour qu'il puisse les étudier avec fruit.

CONCLUSIONS

I. — Chez le chien chloralosé dont on inscrit la pression artérielle au moyen du classique kymographe, on peut observer, sur la courbe de dépression obtenue par l'excitation centrifuge du vague droit, deux sortes de dénivellations, graphiquement bien distinctes: les unes sont des *oscillations* hautes, brèves, à sommet aigü; — les autres, des *ondulations* basses, lentes, étalées en plateau.

Ces deux sortes d'accidents figurent à la fois, ou isolément sur les tracés. Si l'excitation du vague est faible, ce sont exclusivement les grandes oscillations que l'on observe; mais, si l'excitation est forte, ce sont les ondulations qui, du moins initialement, prévalent. Lorsque les deux accidents coexistent, tantôt ils se succèdent, tantôt et, plus souvent, ils se fusionnent plus ou moins complètement, l'oscillation absorbant l'ondulation.

II. — Ces variations de pression artérielle, de caractères si opposés, se réclament d'une origine différente.

III. — Les *oscillations* expriment, comme on sait, le réveil de l'activité cardiaque et traduisent la fatigue relative de l'appareil nerveux modérateur : l'emploi du cardiographe permet de constater qu'elles coïncident toujours avec une systole ventriculaire. Leur amplitude accrue s'explique plutôt par la faible valeur de la pression minima et la diminution des

résistances à vaincre que par un accroissement réel de l'énergie du cœur.

IV. — Quant aux *ondulations,* leur origine respiratoire, et non cardiaque, trouve sa preuve dans les constatations suivantes :

a) Ces ondulations suivent étroitement le rythme des mouvements thoraciques, s'accélèrent, se ralentissent, se suppriment comme eux;

b) elles persistent alors que le cœur est manifestement en diastole;

c) elles retracent enfin, comme un fidèle décalque, les variations de la pression intrapleurale avec les mêmes minima inspiratoires, les mêmes maxima expiratoires.

V. — On comprend, dès lors, pourquoi certaines particularités expérimentales facilitent la production de telles ondulations. De ces diverses conditions, *les unes interviennent en favorisant l'inhibition cardiaque* (âge adulte de l'animal; choix du vague droit: faradisation du nerf avec de forts courants induits; emploi du chloralose, du chloral; réalisation d'un certain degré d'anémie, d'asphyxie, de refroidissement...); — *les autres accentuent l'influence mécanique des mouvements du thorax sur les organes de la circulation* (taille développée du chien; ampleur et régularité du rythme respiratoire; rétrecissement artificiel des voies aériennes...)

VI. — En somme, ces ondulations représentent les classiques variations de deuxième ordre de la pression artérielle observées *à l'état pur,* — dégagées qu'elles sont par l'excitation du vague des oscillations cardiaques qui d'ordinaire les accidentent, — et *telles que les peuvent engendrer les seules actions mécaniques de la respiration.*

A ce titre, nos expériences constituent assez exactement la contre-épreuve de celles antérieurement réalisées par Frédericq. D'après cet auteur, la résection large du sternum, des côtes et du diaphragme, qui met hors de cause les influences mécaniques du thorax sur les organes intramédiastinaux de la circulation, ne supprime cependant ni les ondulations de la pression artérielle (à minima expiratoires, à maxima inspiratoires), ni les variations du rythme cardiaque (ralenti à l'expiration, accéléré à l'inspiration) qu'on sait propres au chien. Cette dépendance persistante entre la respiration et la circulation ne peut s'expliquer dans les conditions où elle s'accuse, que par quelque association fonctionnelle entre les centres bulbaires qui régissent les deux fonctions.

Inversement, dans nos expériences, l'excitation du vague arrête le cœur et prive ainsi les centres bulbaires respiratoire et cardio-modérateur associés du moyen d'exercer leur effet périodique : alors se révèle, — libérée des actions antagonistes précédentes, — l'influence des purs facteurs mécaniques d'ampliation et de retrait du thorax sur la courbe de la pression artérielle qui, maintenant, s'abaisse à l'inspiration et se relève à l'expiration.

Les deux séries d'expériences se complètent.

VII. — Les faits qui précèdent incitent enfin à ne point considérer sans examen attentif, toute variation de pression artérielle obtenue pendant l'excitation du vague comme un indice du réveil de l'activité cardiaque. A l'appui de cette réserve, il convient de remarquer que les caractères graphiques généralement si tranchés de l'oscillation cardiaque et de l'ondulation respiratoire peuvent exceptionnellement s'atténuer et prêter à confusion.

Alger, le 12 Mars 1920.

Vu :

Le Président de Thèse,

TOURNADE.

Vu :

Le Doyen,

J. CURTILLET.

Vu et permis d'imprimer :

Alger, le 13 Mars 1920

Le Recteur,

E. ARDAILLON.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos et Dédicace 3

Introduction 7

Chap. I. — Conditions de l'expérience 13

Chap. II. — Du fait à l'hypothèse..... 16

Vérification expérimentale de l'hypothèse..... 37

Examen de quelques cas exceptionnels..... 51

Conclusions 56